

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление 12.04.02 «Оптотехника»

Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование спектрально-кинетических характеристик оптически прозрачных полимерных композиций ПММА:СdS:Ln(III)

УДК : 678.744.335

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4BM81	Ду Вэйу		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Вильчинская С.С.	к.ф.м.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН	Якимова Т.Б.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов И.И.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Полисадова Е.Ф.	д.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2020 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Способность формулировать цели, задачи научного исследования или разработки в области светотехники и фотонных технологий, и материалов, способность выделять и обосновывать критерии, на основании которых формируются модели принятия решений, составлять план работ, способность строить физические и математические модели объектов исследования и выбирать алгоритм решения задачи
Р2	Способность разрабатывать программы экспериментальных исследований, применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы, защищать приоритет и новизну полученных результатов исследований в области обработки, изучения и анализа фотонных материалов, корпускулярно-фотонных технологий, оптоволоконной техники и технологии, в области оптических и световых измерений, люминесцентной и абсорбционной спектроскопии, лазерной техники, лазерных технологий и оборудования, взаимодействия излучения с веществом, производства и применения светодиодов
Р3	Способность к профессиональной оценке проблем проектирования в области светотехники, оплотехники, фотонных технологий и материалов на основе подбора и изучения литературных и патентных источников. Способностью к разработке структурных и функциональных схем оптических, оптико-электронных, светотехнических приборов, лазерных систем и комплексов с определением их физических принципов работы, структуры и технических требований на отдельные блоки и элементы
Р4	Способность к конструированию и проектированию отдельных узлов и блоков для осветительной, облучательной, оптико-электронной, лазерных техники, оптоволоконных, оптических, оптико-электронных, лазерных систем и комплексов различного назначения, осветительных и

	облучательных установок для жилых помещений, сельского хозяйства, промышленности
P5	Способность к разработке и внедрению технологических процессов и режимов сборки оптических и светотехнических изделий, к разработке методов контроля качества изготовления деталей и узлов, составлению программ испытаний современных светотехнических и оптических приборов и устройств, фотонных материалов.
P6	Способность эксплуатировать и обслуживать современные светотехнические и оптические приборы и устройства, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
Универсальные компетенции	
P7	Способность проявлять творческий, нестандартный подход, требующий абстрактного мышления, при решении конкретных научных, технологических и проектно-конструкторских задач в области фотонных технологий и материалов и светотехники, нести ответственность за принятые решения
P8	Способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала
P9	Способность к инновационной инженерной деятельности, менеджменту в области организации освоения новых видов перспективной и конкурентоспособной оптической, оптико-электронной и световой, лазерной техники с учетом социально-экономических последствий технических решений
P10	Способностью к координации и организации работы научно-производственного коллектива, принятию исполнительских решений для комплексного решения исследовательских, проектных, производственно-технологических, инновационных задач в области светотехники и фотонных технологий и материалов
P11	Способность к оценке современного состояния развития науки и техники, владение иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально –

	экономических различий, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P12	Способность к сбору сведений, анализу и систематизации знаний об исследуемом объекте

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление 12.04.02 «Оптотехника»

Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Полисадова Е.Ф.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4BM81	Ду Вэйу

Тема работы:

Исследование спектрально-кинетических характеристик оптически прозрачных полимерных композиций ПММА:СdS:Ln(III)	
Утверждена приказом	№_____ от

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Отечественная и зарубежная литература по люминесценции полиметилметакрилата, модифицированного сульфидом кадмия и редкоземельными элементами. Спектрофотометр. Микровизор. Спектрофлуориметр. Импульсный спектрометр Композиты на основе полиметилметакрилата, модифицированного сульфидом кадмия и редкоземельными элементами
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1) Применение и свойства композитов на основе полиметилметакрилата, модифицированного сульфидом кадмия и редкоземельными элементами. 2) Методика исследования 3) Люминесценция композитов на основе полиметилметакрилата, модифицированного сульфидом кадмия и редкоземельными элементами. Спектрально-кинетические характеристики композитов на основе полиметилметакрилата, модифицированного сульфидом кадмия и редкоземельными элементами. Анализ результатов. 4) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5) Социальная ответственность
Перечень графического материала	Общая схема экспериментальной установки. Рисунки, графики и фотографии

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Т.Б.
Социальная ответственность	Романцов И. И.
Раздел ВКР на иностранном языке	Сумцова О.В.

Названия разделов, которые должны быть выполнены русским и иностранным языках:

Объекты исследования и методика эксперимента	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вильчинская С.С.	к.ф.м.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4BM81	Ду Вэйу		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 97 страниц, 34 рисунка и 29 таблиц, 55 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: полимерный композиционный материал, сульфид кадмия, редкоземельные элементы, фотолюминесценция, спектрально-кинетические характеристики.

Объектом исследования являются полимерные композиционные материалы на основе полиметилметакрилата, модифицированного сульфидом кадмия и редкоземельными элементами.

Цель работы – исследовать спектрально-кинетические характеристики новых материалов на основе ПММА, одновременно легированных сульфидом кадмия и редкоземельными элементами и дать рекомендации относительно области применения данных материалов.

Методы исследований – импульсная и стационарная спектрометрия; оптическая микроскопия; спектрофотометр СФ 256-УВИ; спектрофлуориметр Cary Eclipse.

Полученные результаты. В результате работы исследованы спектрально-кинетические характеристики композиций ПММА:CdS:Tb, ПММА:CdS:Eu:Tb, ПММА:CdS:Eu. Зарегистрированы спектры фотолюминесценции композиций при различных длинах волн возбуждения. Измерены спектры возбуждения ФЛ композиций. Все компоненты композиций могут люминесцировать одновременно или избирательно, в соответствии с длиной волны возбуждающего излучения. Определены времена затухания люминесценции лантаноидов в композициях. Рассчитаны координаты цветности исследуемых образцов.

Прогнозные предложения о развитии объекта исследования. Композиты на основе полиметилметакрилата, модифицированного сульфидом кадмия и редкоземельными элементами могут быть рекомендованы для практического

применения в качестве люминесцентных преобразователей спектра для современных приборов.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями, обозначениями и сокращениями:

ПММА – полиметилметакрилат (органическое стекло)

УФ – ультрафиолетовое излучение

РЗЭ – редкоземельные элементы

ФЛ – фотолюминесценция

ИФЛ – импульсная фотолюминесценция

КТ – квантовые точки

ФЭУ – фотоэлектронный умножитель

НК – нанокристаллы

ИК – инфракрасный

Л – люминесценция

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	11
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	14
1.1 Синтез композитов на основе полиметилметакрилата, модифицированного сульфидом кадмия и редкоземельными элементами	14
1.2 Люминесцентные свойства композиций легированных Eu, Tb	15
1.3 Люминесцентные свойства композиций легированных CdS	20
2 ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА	23
2.1 Образцы для исследования и методика синтеза	23
2.2 Принцип работы Спектрофлуориметра Cary Eclipse	25
2.3 Метод импульсной люминесцентной спектроскопии с наносекундным временным разрешением	26
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	28
3.1 Спектры возбуждения и люминесценции композитов на основе полиметилметакрилата, модифицированного сульфидом кадмия и редкоземельными элементами	28
3.2 Спектрально-кинетические характеристики фотолюминесценции композитов на основе полиметилметакрилата, модифицированного сульфидом кадмия и редкоземельными элементами	37
3.3 Расчет координат цветности	41
4. Фининсовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	45
5. Социальная ответственность	70
6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	86
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	87
Приложение А Раздел ВКР на иностранном языке	92

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы увеличился интерес ученых к изучению композитных материалов, легированных полупроводниковыми нанокристаллами квантовыми точками КТ [1–5]. Это связано с тем, что в наноразмерном состоянии эти материалы проявляют уникальные люминесцентные и оптические свойства, которые отличаются от свойств объемного материала. [6]. Полупроводниковые квантовые точки интенсивно люминесцируют, а спектр излучения зависит от размера квантовой точки. Обычно размер КТ не превышает 10 нм. Агломераты КТ могут достигать десятков нанометров и более.

Также интерес ученых прикован к разработке методов синтеза квантовых точек, а также к изучению свойств материалов на их основе. Одними из наиболее перспективных являются квантовые точки на основе CdS. Такие КТ синтезируют в виде порошков и растворов.

Внедрение квантовых точек в полимерные матрицы приводит к созданию новых материалов для оптоэлектроники. Основная проблема, возникающая при синтезе оптически прозрачных полимерных композиций из КТ, содержащих группы AIBVI, заключается в крайне низкой растворимости сульфидов металлов и большинства предшественников в мономерах.

Еще одна задача, которую необходимо решить в процессе синтеза квантовых точек, является сохранение устойчивости КТ и стабильности оптических характеристик. Одно из решений это внедрение КТ в полимерные матрицы. Этот способ позволяет зафиксировать пространственное положение КТ и сформировать необходимую морфологию композиций. Не менее сложная задача заключается в сохранении оптической прозрачности гетерогенных композиций. Одним из перспективных способов решения этой задачи является коллоидный синтез. При его проведении КТ могут быть получены *in situ* в среде мономера, который одновременно является предшественником основы

композиций, а также реакционной средой синтеза КТ и их структур и дисперсионной средой образующегося коллоидного раствора [7-9].

Легирование полупроводниковых КТ лантаноидами приводит к изменению энергетической диаграммы полупроводниковых структур, также изменяет их оптические и физико-химические свойства и оказывает влияние на люминесцентные характеристики полученных материалов. В качестве легирующих элементов применяют различные материалы в том числе и лантаноиды, например европий и тербий.

Прогресс движется благодаря созданию новых материалов. Исследуемые в данной работе композиты на основе полиметилметакрилата, модифицированного сульфидом кадмия и редкоземельными элементами нанометрового размера являются новыми и весьма перспективными материалами для оптики, светотехники и фотоники. В литературе исследований материалов одновременно легированных как сульфидом кадмия так и редкоземельными элементами недостаточно. Чаще всего стекла модифицируют лантаноидами. В нашей работе в качестве матрицы используется ПММА, а не стекло. В этом есть свои плюсы, например изделие из полимера проще придать нужную форму, чем изделие из стекла.

Образцы, исследуемые в данной работе были синтезированы профессором Алтайского государственного университета, д.х.н. Смагиным В. П. Для измерения спектрально-кинетических характеристик в нашей работе использовался импульсный оптический спектрометр на базе азотного лазера с $\lambda = 337,1$ нм, а также Спектрофлуориметр Cary Eclipse.

Целью данной работы являлось исследование спектрально-люминесцентных свойств новых синтезированных материалов ПММА/Cds/Ln и ПММА/Ln и дать рекомендации относительно области применения данных материалов.

Задачи исследования:

1. Измерить спектрально-кинетические характеристики композитов ПММА/Cds/Ln.
2. Исследовать спектральные характеристики стационарной фотолюминесценции ПММА одновременно легированного сульфидом кадмия и редкоземельными элементами.
3. Измерить спектры возбуждения композитов ПММА/Cds/Ln.
4. Рассчитать координаты цветности ФЛ композитов ПММА/Cds/Ln.
5. Изучить механизмы возникновения люминесценции в исследуемых композициях.
6. Дать рекомендации относительно области применения данных материалов.

Решение этих задач позволит создать технологичные полимерные композиции с уникальными люминесцентными характеристиками для различных областей техники и технологий.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Синтез композитов на основе полиметилметакрилата, модифицированного сульфидом кадмия и редкоземельными элементами

Металлосодержащие оптические полимеры избирательно поглощают или пропускают электромагнитное излучение, излучают свет и проводят электрический ток. Атомы металла в полимере являются частью органических или неорганических соединений. В полимерной матрице они образуют межмолекулярные или химические связи с большими молекулами. Большой интерес вызывают композиции, содержащие неорганические полупроводники, особенно халькогениды металлов [8-9].

В оптически прозрачной полимерной матрице полупроводники образуют квантовые точки (КТ). Важной задачей, которая должна быть решена в процессе синтеза, является поддержание стабильности КТ и стабильности оптических свойств. Одним из решений является введение КТ в полимерную матрицу. Этот метод может сделать пространственное положение КТ неизменным, а также может сформировать необходимую форму композиции [8-9]. Метод получения квантовых коллоидным синтезом подробно описан в [8-9]. Синтез осуществляется в мономерной среде, блок полимеризации мономеров композиции затем переводят в стеклообразное состояние. В результате синтеза сохраняется внутренняя целостность, однородность и высокая прозрачность композиции. Растворимые соли металлов, особенно ацетаты галогенов, используются в качестве металлосодержащих предшественников во время синтеза, а сероводород используется в качестве серосодержащих веществ.

Композиции ПММА/CdS и ПММА/CdS:Eu, ПММА/CdS:Tb синтезированы радикальной полимеризацией метилметакрилата в блоке. Для этого в растворы вводили пероксид бензоила в количестве 0.1% от массы ММА и нагревали при температуре 60–70 °С до вязкого состояния. Вязкими растворами заполняли разборные стеклянные кюветы и продолжали нагревать до перехода композиций в стеклообразное состояние. Полимеризация

продолжалась в течение 24 ч. Полимерные композиции представляли собой бесцветные прозрачные стекла. Введение в композиции трифторацетатов европия и тербия не оказывало влияния на их окраску [8-9].

1.2 Люминесцентные свойства композиций легированных Eu, Tb

В работе [10] были получены легированные ионами Tb^{3+} люминофоры, которые могут излучать синий и зеленый свет, обусловленный переходами $^5D_3-^7F_5$ и $^5D_4-^7F_5$. В то же время люминофоры, легированные ионами Eu^{3+} светят красным цветом благодаря переходу $^5D_0-^7F_2$. Таким образом, люминофоры, легированные Tb^{3+} и Eu^{3+} , могут люминесцировать красным, зеленым и синим цветом.

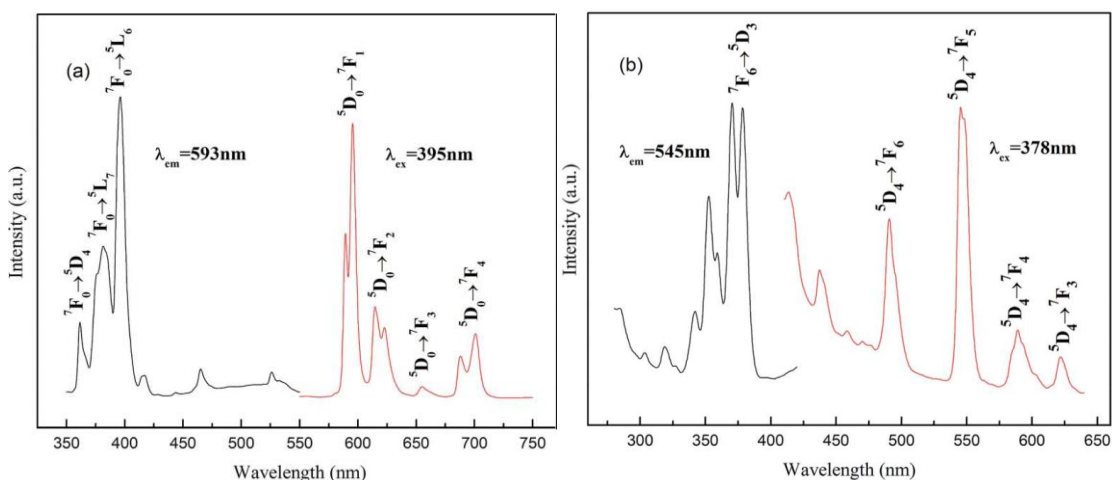


Рисунок 1.1 Спектры возбуждения и испускания люминофора: (а) $Ba_{1,94}P_2O_7: 0,06 Eu^{3+}$, (б) $Ba_{1,94}P_2O_7: 0,06 Tb^{3+}$ [10].

На рис. 1.1, а приведены спектры возбуждения и испускания люминофора $Ba_{1,94}P_2O_7: 0,06 Eu^{3+}$. При мониторинге при 593 нм получают несколько пиков возбуждения при 361 нм, 381 нм и 395 нм и присваивают переходам $^7F_0 \rightarrow ^5D^4$, $^7F_0 \rightarrow ^5L_7$ и $^7F_0 \rightarrow ^5L_6$, соответственно. В спектре излучения

образца $\text{Ba}_{1,94}\text{P}_2\text{O}_7: 0,06\text{-Eu}^{3+}$ при возбуждении при 395 нм характерные пики излучения наблюдаются при 593 и 613 нм. Согласно теории Джадда-Офельта, переход $^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_1$ является магнитным диполем и является оранжевым излучением при 593 нм. В то время переход $^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_2$ является электродипольным, он имеет красное излучение с максимумом в области 613 нм [10].

Как известно, переход $^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_1$ (593 нм) является магнитным диполем, и он нечувствителен к искажению симметрии инверсии, тогда как электрический дипольный переход $^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_2$ (613 нм) является гиперчувствительным к нему, а отношение интенсивности $(^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_2) / (^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_1)$ указывает на степень искажения. В эксперименте переход $^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_1$ (593 нм) был сильнее, чем $^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_2$ (613 нм), этот результат показывает, что ионы Eu^{3+} в основном занимают узел решетки инверсионной симметрии [10].

На рис. 1.1, б показаны спектры возбуждения и испускания $\text{Ba}_{1,94}\text{P}_2\text{O}_7: 0,06\text{Tb}^{3+}$. При мониторинге при 545 нм наблюдается несколько пиков возбуждения между 300 и 380 нм, где самый интенсивный при 378 нм ($^7\text{F}_6 \rightarrow ^5\text{D}_3$). В спектре излучения образца $\text{Ba}_{1,94}\text{P}_2\text{O}_7: 0,06\text{Tb}^{3+}$ при возбуждении при 378 нм характерные пики излучения наблюдаются при 491, 545, 589 и 622 нм, что соответствует переходам $^5\text{D}_4$ в $^7\text{F}_6$, $^7\text{F}_5$, $^7\text{F}_4$ и $^7\text{F}_3$ соответственно.

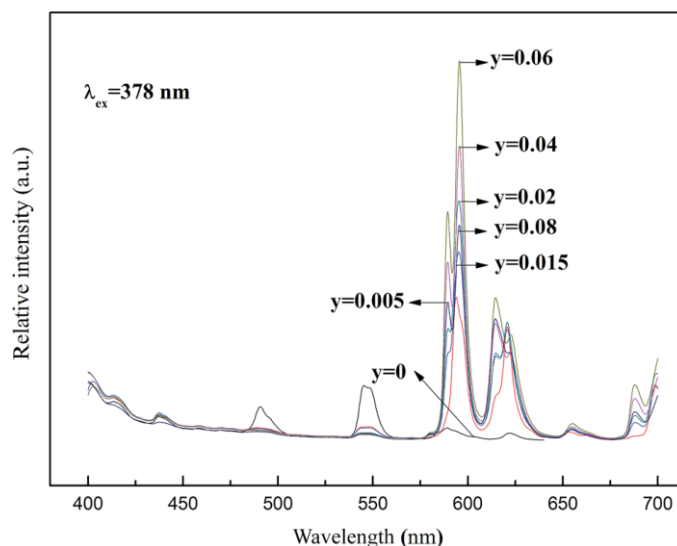


Рисунок 1.2 Спектр излучения $\text{Ba}_{1,94-y}\text{P}_2\text{O}_7: 0,06\text{Tb}^{3+}, y\text{Eu}^{3+}$ [10]

На рис. 1.2 приведены спектры излучения образцов $\text{Ba}_{1,94-y}\text{P}_2\text{O}_7: 0,06\text{Tb}^{3+}, y\text{Eu}^{3+}$, возбужденных при 378 нм. При легировании Eu^{3+} и Tb^{3+} в $\text{Ba}_2\text{P}_2\text{O}_7$ на образцах наблюдаются не только $^5\text{D}_4 - ^7\text{F}_{6,5,4,3}$ полосы излучения ионов Tb^{3+} , но и $^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_{1,2}$ эмиссии ионов Eu^{3+} . Когда концентрация легирования Tb^{3+} равна 0,06, авторы меняли концентрацию легирования Eu^{3+} (концентрация 0, 0,005, 0,015, 0,02, 0,04, 0,06 и 0,08 соответственно), интенсивности излучения 593 и 613 нм ($^5\text{D}_0 - ^7\text{F}_{1,2}$) Eu^{3+} усиливаются и достигают максимума при $y = 0,06$, при этом интенсивность излучения Tb^{3+} снижается. Это указывает на то, что эффективная вероятность заметно увеличивается для передачи энергии ($\text{Tb}^{3+} \rightarrow \text{Eu}^{3+}$). Согласно приведенным выше результатам, оптимальным составом со активированного люминофора Tb^{3+} и Eu^{3+} является $\text{Ba}_{1,88}\text{P}_2\text{O}_7: 0,06\text{Tb}^{3+}, 0,06\text{Eu}^{3+}$, что свидетельствует о наиболее сильном излучении.

Механизм переноса энергии Tb^{3+} и Eu^{3+} показан на рис. 1.3. При возбуждении 378 нм несколько возбужденных ионов Tb^{3+} возбуждаются до более высокого уровня энергии посредством переходов $\text{Tb}^{3+}: ^7\text{F}_6 - ^5\text{D}_3$, а затем релаксируют до более низких уровней энергии посредством $\text{Tb}^{3+}: ^5\text{D}_3 - ^7\text{F}_{5,4,3}$

безызлучательных переходов в метастабильное состояние Tb^{3+} : $^5\text{D}_4$ до более низких уровней энергии посредством переходов Tb^{3+} : $^5\text{D}_4$ - $^7\text{F}_{5,4,3}$.

Остальная часть уровня Tb^{3+} : $^5\text{D}_3$ передает свою энергию на уровень Eu^{3+} $^5\text{G}_2$. Безызлучательный распад из возбужденного состояния $^5\text{G}_2$ увеличивает заселенность метастабильного состояния $^5\text{D}_0$, вызывая усиленное излучение ионов Eu^{3+} через переходы $^5\text{D}_0$ - $^7\text{F}_J$ ($J = 0-6$). Наконец, характерная эмиссия Eu^{3+} при 593 и 613 нм усиливается.

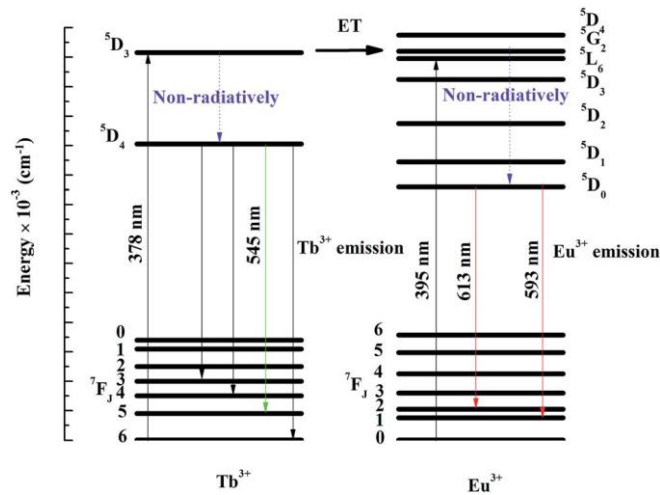


Рисунок 1.3 Энергетические уровни Tb^{3+} и Eu^{3+} в люминофоре $\text{Ba}_2\text{P}_2\text{O}_7$ [10]

На рис. 1.4 показано затухание люминесценции для уровня $^5\text{D}_0$ Eu^{3+} в $\text{Ba}_{1,94-y}\text{P}_2\text{O}_7$: $0,06\text{Eu}^{3+}$, $y\text{Tb}^{3+}$ ($y = 2\%, 4\%, 8\%, 10\%$), возбужденных при 378 нм и измеренных при 593 нм. В работе [11] установлено, что кинетика затухания Eu^{3+} может быть описана уравнением (1), и состоит из двух экспонент:

$$I = A_1 \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) + A_2 \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right) \quad (1.1)$$

где A_1 и A_2 - параметры аппроксимации, t - время, τ_1 и τ_2 - времена затухания для различных экспоненциальных компонентов, I - интенсивность фосфоресценции, соответственно.

Среднее время спада Eu^{3+} можно выразить следующим уравнением [11]:

$$\tau = \frac{A_1\tau_1^2 + A_2\tau_2^2}{A_1\tau_1 + A_2\tau_2} \quad (1.2)$$

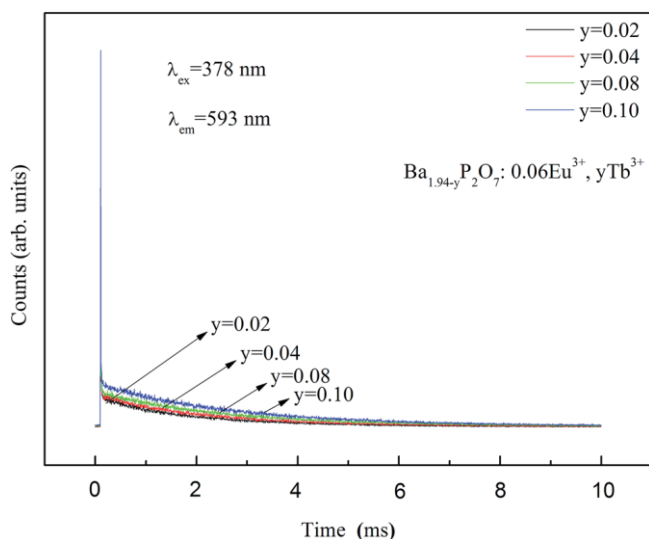


Рисунок 1.4 Кривые затухания фотолуминесценции Eu^{3+} в $\text{Ba}_{1,94-y}\text{P}_2\text{O}_7$: 0,06 Eu^{3+} , $y\text{Tb}^{3+}$ [11]

В работе [11] установлено, что для люминофоров $\text{Ba}_{1,94-y}\text{P}_2\text{O}_7$: 0,06 Eu^{3+} , $y\text{Tb}^{3+}$ ($y = 0,02, 0,04, 0,08, 0,10$), соответствующих уровню 5D₀ Eu^{3+} , когда образцы возбуждаются при 378 нм, средние времена жизни, рассчитанные по формуле (1.2), равны 2,10, 2,51, 5,81 и 2,65 мс соответственно. Среднее время затухания Eu^{3+} увеличивается с 2,10 до 5,81 мс по мере увеличения концентрации Tb^{3+} с 0,02 до 0,08, результаты подтверждают существование переноса энергии от Tb^{3+} к ионам Eu^{3+} [12,13]. Когда Tb^{3+} превышает 8% моль, среднее время распада Eu^{3+} сокращается в противоположную сторону, что соответствует широко известному эффекту концентрационного гашения, возникающему при высокой концентрации.

1.3 Люминесцентные свойства композиций легированных CdS

В работах [14-20] изучены нанокомпозиты, содержащие наночастицы полупроводников. В работе CdS [20] изучены композиты, содержащие наночастицы полупроводников в полимерной матрице полиамида при различных концентрациях. При анализе спектров люминесценции и оптического поглощения нанокомпозитов, было обнаружено, что наряду с проявлением квантоворазмерного эффекта, приводящего к уширению запрещенной зоны и сдвигу пика люминесценции в область более высоких энергий. Для нанокомпозитов, содержащих большие послепороговые концентрации CdS, пик люминесценции и край оптического поглощения сдвигается в область энергий, соответствующих ширине запрещенной зоны меньшей, чем в объемном CdS. Одновременно для образцов с концентрациями CdS вблизи или после порога перколяции происходит значительное тушение люминесценции. При температуре жидкого азота спектр люминесценции смещается примерно на 0.1 эВ в сторону больших энергий, но при этом ни интенсивность, ни форма пика не изменяется. Этот эффект показывает, что роль ловушек не является доминирующей в эффекте смещения максимума спектра люминесценции [20].

Было предложено объяснение эффекта смещения пика люминесценции и края оптического поглощения в длинноволновую область при росте концентрации наночастиц (рис. 1.5), основываясь на предположении сильного диполь-дипольного взаимодействия между кластерами.

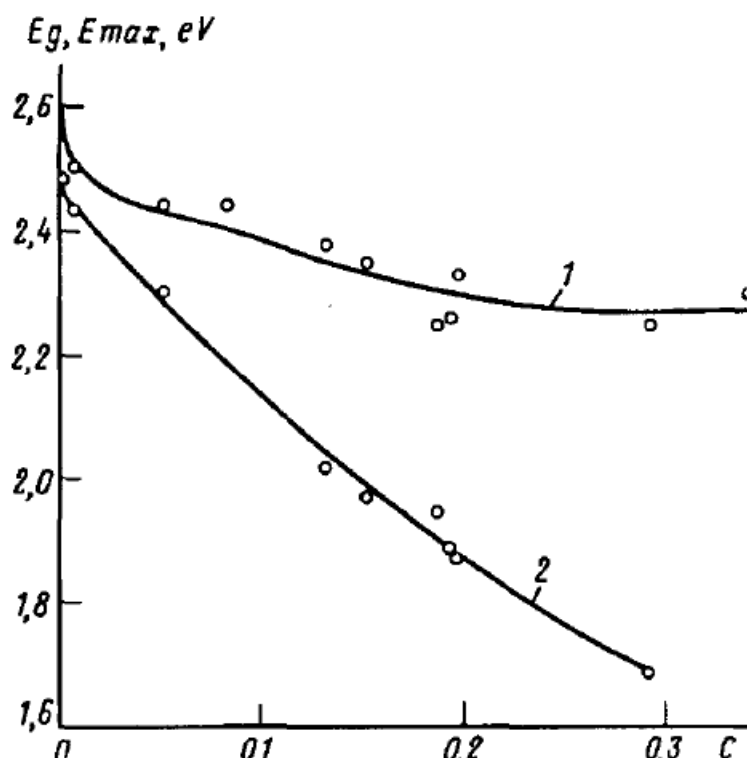


Рисунок 1.5 Ширина запрещенной зоны в CdS, определенная по данным оптического поглощения (1) и позиция пика люминесценции (2) в зависимости от концентрации CdS [20].

Аналогично концентрационное тушение люминесценции может быть объяснено переносом энергии от одного кластера к другому за счет диполь-дипольных взаимодействий. Тушение люминесценции взаимодействующих кластеров может быть связано и с разделением пары электрон-дырка на разные наночастицы и последующей нерадиационной термализацией [20].

Наличие высоких локальных полей приводит к разделению зарядов, при этом электрон остается на одной частице, а дырка – на соседней.

Данный факт подтверждает и зависимость тушения люминесценции нанокмпозитов от концентрации для наночастиц для систем МЕН-PPV-CdS и ПА-CdS. (Рис.1.6) [20].

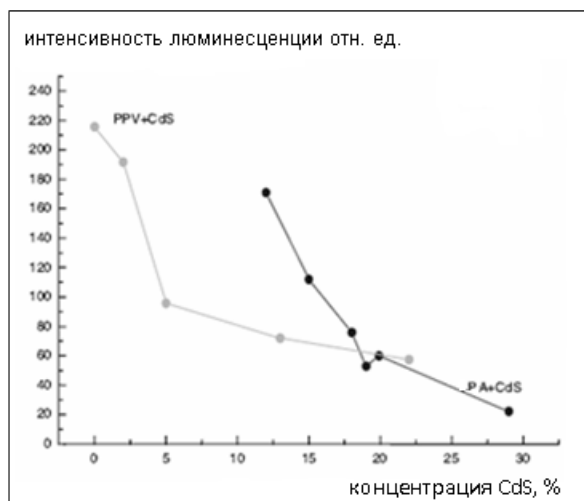


Рисунок 1.6 Концентрационное тушение люминесценции в нанокompозитах, содержащих CdS и проводящий МЕН-PPV (1) и CdS в непроводящей матрице – ПА (2) [20]

Если для системы с МЕН-PPV тушение люминесценции происходит за счет ухода дырки на полимер, и люминесценция не гасится до конца, то в случае непроводящей матрицы ПА люминесценция гасится за счет разделения электрон-дырочной пары: электрон остается на одной частице в то время, как дырка уходит на соседнюю.

Таким образом, даже в системах наночастиц одного типа проводимости происходит разделение зарядов из-за присутствия сильных локальных полей, что важно для фотовольтаических применений.

Впоследствии присутствие таких наведенных диполь-дипольных взаимодействий между наночастицами получило дополнительное подтверждение при исследовании упорядочения наночастиц полупроводников на различных поверхностях в сверхрешетки гексагонального и кубического типов [21-22].

2 ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

2.1 Образцы для исследования и методика синтеза

В работе исследовали стеклообразные, оптически прозрачные полимерные композиции на основе полиметилметакрилата (ПММА), модифицированного сульфидом кадмия (CdS), CdS и европием (Eu), CdS и тербием (Tb), CdS и смесью Eu и Tb толщиной 4 мм. Образцы были синтезированы профессором Алтайского государственного университета, д.х.н. Смагиным В. П.

Образец №1 - приготовлен на основе полиметилметакрилата (ПММА), модифицированного сульфидом кадмия (CdS) и Tb. ПММА: CdS: Tb (III)

Образец №2 - приготовлен на основе полиметилметакрилата (ПММА), модифицированного сульфидом кадмия (CdS) и Eu. ПММА: CdS: Eu (III)

Образец №3 - приготовлен на основе полиметилметакрилата (ПММА), модифицированного сульфидом кадмия (CdS). ПММА: CdS.

Образец №4 - приготовлен на основе полиметилметакрилата (ПММА), модифицированного сульфидом кадмия (CdS), Tb и Eu. ПММА: CdS: Eu (III): Tb (III)

Образец №5 - приготовлен на основе полиметилметакрилата (ПММА), Eu. ПММА: CdS: Eu (III) : Tb(III). $C_{Eu}=0.10$ моль/л, $C_{Tb}=0.050$ моль/л.

Образец №6 - приготовлен на основе полиметилметакрилата (ПММА), Eu. ПММА: CdS: Eu (III) : Tb(III). $C_{Eu}=0.10$ моль/л, $C_{Tb}=0.10$ моль/л.

Образец №7 - приготовлен на основе полиметилметакрилата (ПММА), Eu. ПММА: CdS: Eu (III) : Tb(III). $C_{Eu}=0.050$ моль/л, $C_{Tb}=0.10$ моль/л.

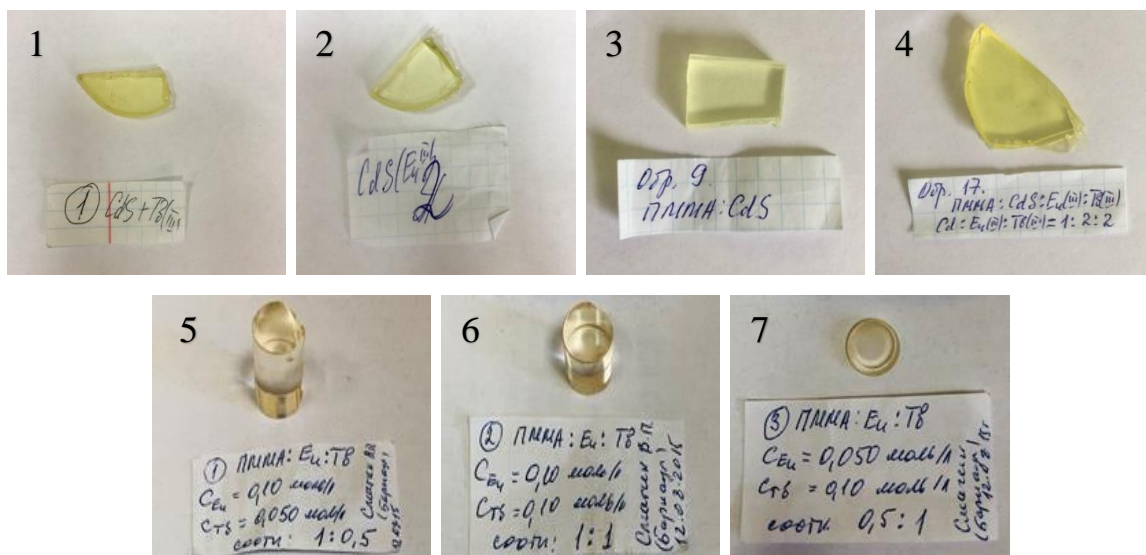


Рисунок 2.1 Фотографии образцов: 1— ПММА: CdS: Tb(III);

2 —ПММА:CdS:Eu(III) ; 3—ПММА:CdS;

4—ПММА:CdS:Eu(III):Tb(III), Eu(III):Tb(III)=1:2:2

5—ПММА:Eu(III):Tb(III), $C_{Eu}=0.10$ моль/л, $C_{Tb}=0.050$ моль/л

6—ПММА:Eu(III):Tb(III), $C_{Eu}=0.10$ моль/л, $C_{Tb}=0.10$ моль/л

7—ПММА:Eu(III):Tb(III), $C_{Eu}=0.050$ моль/л, $C_{Tb}=0.10$ моль/л

Сульфид кадмия синтезирован взаимодействием трифторацетата кадмия с тиацетамидом (ТА, C_2H_5NS) при нагревании в среде метилметакрилата («Merck») *in situ* в процессе синтеза композиций ПММА: CdS и ПММА: CdS: Ln (III) [23, 24]. Концентрация трифторацетата кадмия и тиацетамида в растворах составляла 0.010 моль/л каждого. Раствор трифторацетатов кадмия готовили растворением соответствующей навески соли в метилметакрилате. В приготовленный раствор соли вводили аликвоту раствора тиацетамида в метилметакрилате. Полученный раствор нагревали при температуре 70 – 80 °С в течение 10 – 20 минут. Об образовании сульфида кадмия судили по появлению характерной для него желто-зеленой окраски раствора. Трифторацетаты европия, тербия или их смесь вводили независимо от кадмиевого модификатора после образования в растворе сульфида кадмия.

Концентрация лантаноидов, одного или смеси, составляла 0,10 моль/л (полимеризуемой смеси).

Композиции ПММА:СdS и ПММА:СdS:Ln(III), где Ln(III) – Eu(III), Tb(III) или их смесь, в стеклообразном состоянии синтезированы радикальной полимеризацией метилметакрилата в блоке, аналогично [25]. Для этого в растворы вводили перекись бензоила в количестве 0,1 % от массы ММА и нагревали при температуре 60 – 70 °С до вязкого состояния. Вязкими растворами заполняли разборные стеклянные кюветы и продолжали нагревать до перехода композиции в стеклообразное состояние. Полимеризация продолжалась в течение суток. Для исследования из полимерных блоков вырезали пластины размером 2×2×0,40 см.

2.2 Принцип работы Спектрофлуориметра Cary Eclipse

Для измерения спектров возбуждения и свечения мы использовали Спектрофотометр Cary Eclipse. Спектрофотометр Cary Eclipse комплектуется ксеноновой лампой-вспышкой, обладает высокой чувствительностью и способностью регистрировать быструю кинетику. Он измеряет излучение света от образцов в четырех режимах. Используя технологию ксеноновых ламп, он регистрирует данные каждые 12,5 мс и сканирует со скоростью 24 000 нм / мин без сдвига пиков. Cary Eclipse - единственный спектрофотометр с помехоустойчивостью в помещении.

Принцип работы Спектрофотометр Cary Eclipse основан на выделении узких участков спектра и спектральном сканировании как возбуждающего, так и испускаемого излучения посредством монохроматоров и последующей автоматической регистрацией, измерением и обработкой спектров возбуждения и люминесценция. Блок схема приведена на рис. 2.2.

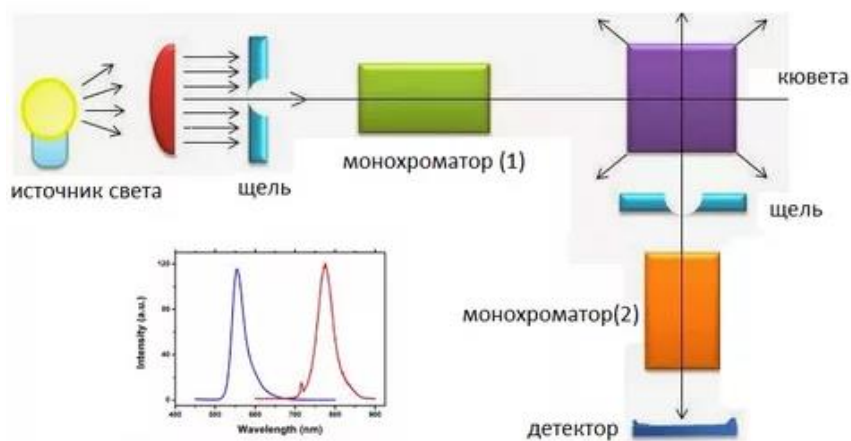


Рисунок 2.2 Схема спектрофлуориметра

2.3 Метод импульсной люминесцентной спектроскопии с наносекундным временным разрешением

В нашей работе спектры импульсной фотолюминесценции и кинетики затухания полимерных композиций исследовались с помощью время-разрешенной фотолюминесцентной (ФЛ) спектроскопии. В качестве источника возбуждения использовался азотный лазер с $\lambda = 337,1$ нм, (частота 10 Гц, длительность импульса 10 нс). Измерительная система включала дифракционный монохроматор МДР-23, ФЭУ-84 и осциллограф Tektronix DPO 3034, компьютер. Временное разрешение системы регистрации ~ 15 нс.

Эта методика имеет целый ряд преимуществ по сравнению со стационарными методиками измерения, благодаря использованию импульсных лазеров, а также возможности получения дополнительной информации о центрах люминесценции из кинетик затухания люминесценции. Вид спектра со временем после окончания импульса возбуждения также зависят от технологии изготовления образцов.

На рис. 2.3 приведена блок-схема импульсного оптического спектрометра.

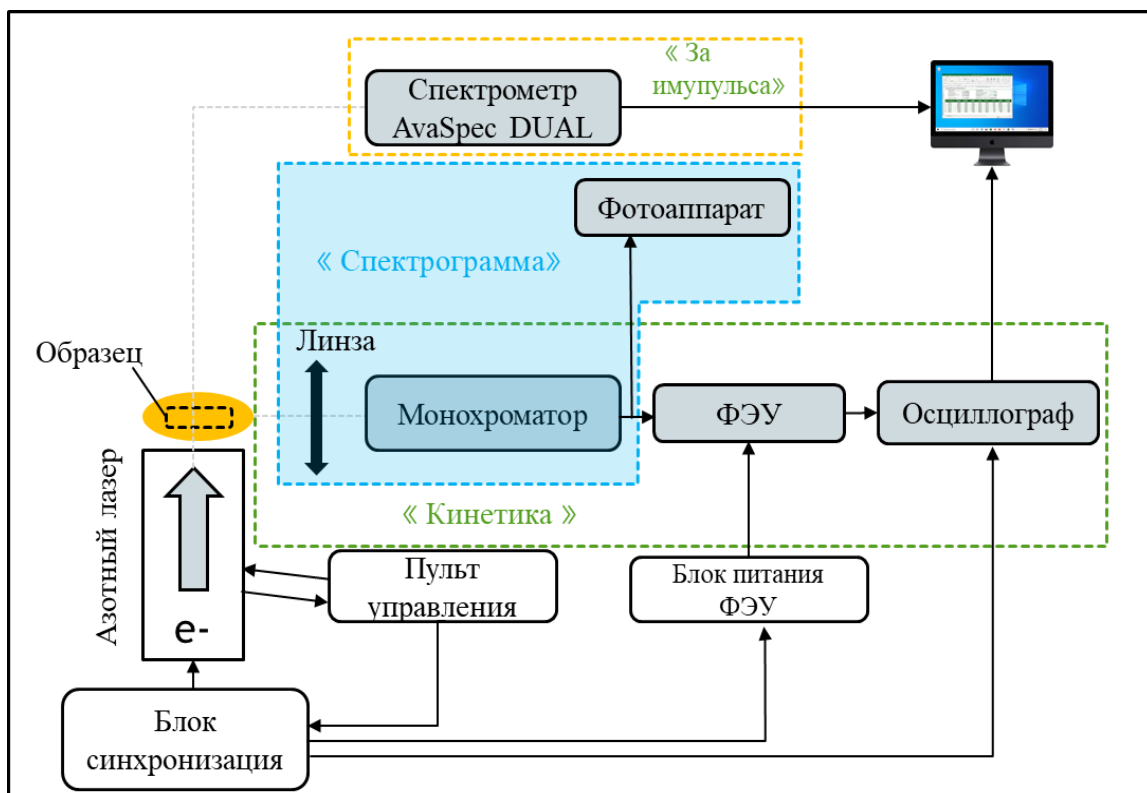


Рисунок 2.3 Блок-схема экспериментальной установки.

Технические характеристики спектрометра приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики импульсного спектрометра

Спектральная область измерений	300–850нм
Временное разрешение	15нс
Рабочая длина волны лазера	337,1 нм
Частота	10 Гц
Длительность импульса	10 нс
Плотность мощности	$\sim 10^4$ Вт/см ²

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ВМ81	Ду Вэйу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Оптотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»: оклад доцента – 35120 руб., оклад исполнителя равен минимальному размеру оклада (1 квалификационный уровень) -12130 руб
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- районный коэффициент- 1,3; - накладные расходы – 16%; - норма амортизации 20%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации
Планирование и формирование бюджета проекта	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта Определение затрат на проектирование (смета затрат)
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Карта сегментирования рынка 2. Оценка конкурентоспособности технических решений 3. Матрица SWOT 4. Календарный план график проведения работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата

4. Фининсовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсоснабжения

Объектом исследования настоящей работы являются люминофорных композитов для вторичной оптики светодиодов. Исследовалась импульсная фотолюминесценция композитов, выращенных различными производителями. Потенциальным потребителем результатов исследования является НИИПП, г. Томск.

4.1.1 Технология QuaD

Технология QuaD(QUalityADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максим альный балл	Отно- сительное значение (3/4)	Средневзве- шенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Надежность	20%	100	100	1	20
2. Унифицированность	5%	50	100	0,5	2,5
3. Уровень материалоемкости разработки	10%	20	100	0,2	2
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	10%	70	100	0,7	7
5. Ремонтопригодность	10%	90	100	0,9	9
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
6. Конкурентоспособность продукта	10%	80	100	0,8	8
7. Уровень проникновения на рынок	10%	50	100	0,5	5
8. Перспективность рынка	10%	50	100	0,5	5
9. Цена	10%	30	100	0,3	3
10. Финансовая эффективность научной разработки	5%	70	100	0,7	3,5
Итого	100%	610	1000	6,1	68

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Из проведенных расчетов можно сделать вывод, что перспективность проделанного исследования выше среднего.

4.1.2 SWOT-анализ

Для того что бы найти сильные и слабые стороны, плазменного метода переработки и методов-конкурентов проведем SWOT–анализ.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Наличие бюджетного финансирования. С2. Наличие опытного руководителя С3. Использование современного оборудования С4. Наличие современного программного продукта С5. Актуальность проекта	Сл1. Развитие новых технологий Сл2. Высокая стоимость оборудования Сл3. Отсутствие квалифицированного персонала.
В1. Сотрудничество с зарубежными профессорами в этой области В2. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт В4.Повышение стоимости конкурентных разработок.	- Возможно, создать партнерские отношения с рядом ведущих вузов для совместных исследования в области лазерной обработки деталей; -При наличии вышеперечисленных достоинств мы имеем большой потенциал для получения деталей с высокими эксплуатационными свойствами.	-Снижение цен на лазерные технологии; - Сотрудничество с зарубежными профессорами и повышение квалификации персонала.
У1. Появление новых технологий У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства . У3.Введение дополнительных государственных требований и сертификации программы.	- Повышение квалификации персонала т.к. тема актуальна и есть современное оборудование.	- Расширение области применения за счет развития новых технологий.

Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 4.3, 4.4, 4.5, 4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	+	+	+
	B4	0	-	+	+	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и возможности: B1C2C3C4C5, B2B4C1C2C3C4C5, B3C1C2C3C4C5, B3C3C4C5.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	-	-
	B2	+	-	+
	B3	+	0	-
	B4	+	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: B2Сл1Сл3, B3B4Сл1.

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	+	+
	У2	+	-	-	-	-
	У3	-	-	-	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угроз: У1C4C5, У4C3C4.

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	+
	У2	-	+	-
	У3	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У1Сл1Сл2Сл3.

4.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать, и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта.

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Устав научного проекта магистерской работы имеет следующую структуру:

1. *Цели и результат проекта.* В данном разделе приведена информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

В таблице 4.7 приведена информация о заинтересованных сторонах проекта.

Таблица 4.7 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Пользователь	Исследование спектрально-кинетические характеристики композиций ПММА / CdS:Ln(III)
Научный руководитель, студент	Готовая магистерская диссертация
Предприятия	Композит на основе полимера+ CdS+ Ln
Государство	Применение новых материалов ПММА:CdS:Ln
Разработчик	Получение прибыли со своего продукта
световые технологии	Качественные образцы

В таблице 4.8 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.8 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование спектрально-кинетических характеристик композиций полиметилметакрилата / CdS: Ln (III)
Ожидаемые результаты проекта:	Изучено влияние технологии изготовления полимерных композитов на фотолюминесценцию системы композиций полиметилметакрилата / CdS: Ln (III). В результате исследований были определены: времени затухания и координаты цветоности композиций ПММА/CdS:Ln
Требования к результату проекта:	Требование:
	Вид полимера должно влиять на положение максимума и кинетику затухания ФЛ композитов. Полимеризация обязательно должна привести к смещению максимума излучения в длинноволновую область, данный эффект, по-видимому, связан с агломерацией КТ в композите.

2. *Организационная структура проекта.* Состав рабочей группы научно-исследовательской работы представлен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Рабочая группа научно-исследовательской работы

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
Вильчинская С.С., НИ ТПУ ИШНПТ отделение материаловедение доцент	Руководитель НИР (Научный руководитель)	Предоставление заданий; консультации; помощь при проведении экспериментальных исследованиях; обсуждение результатов.
У Маохуа., НИ ТПУ магистрант группы 4ВМ72	Исполнитель НИР (Магистрант)	Проведение экспериментов, обработка результатов, написание пояснительной записки ВКР

3. *Ограничения и допущения проекта.* Ограничения проекта приведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Сроки проекта:	
3.1.1. Дата утверждения плана управления проектом	03.02.20
3.1.2. Дата завершения проекта	02.06.20
3.3. Прочие ограничения и допущения	Ограниченное количество образцов для исследования

4.3. Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рис. № 4.1 представлены шаблон иерархической структуры работ по проекту и пример ИСР по проекту разработки программного продукта.



Рис.4.1. иерархической структуры работ по проекту

4.3.2 Контрольные события проекта

В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты. Эту информацию необходимо свести в таблицу (табл. 4.11).

Таблица 4.11 Контрольные события проекта

Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
Составление и утверждение темы диссертации	3.02.20	Приказ об утверждении темы диссертации
Изучение литературы по теме	11.03.20	Обзор литературы (применение и свойства полупроводниковых нанокompозитов на основе полупроводниковых квантовых точек CdSe/CdS)
Изучение экспериментальной методики	25.03.20	Описание методики эксперимента по исследованию
Измерение спектрально-кинетических характеристик композитов	15.04.20	Спектрально-кинетические характеристики
Анализ результатов	29.04.20	Готовые спектральные материалы, и их описание

4.3.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный план проекта. Линейный график представлен в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1.1	Составление и утверждение темы диссертации	3	1.02.20	3.02.20	Руководитель
1.2	Анализ актуальности темы	2	4.02.20	5.02.20	Рук.-студ.
2.1	Поиск и изучение	3	8.02.20	10.02.20	Студ.-рук.








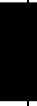


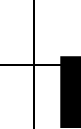


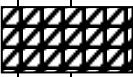
	материала по теме				
2.2	Выбор направления исследования	2	11.02.16	12.02.20	Руководитель
2.3	Календарное планирование работ	1	15.02.20	15.02.20	Руководитель
3.1	Изучение литературы по теме	18	16.02.20	11.03.20	Студент
3.2	Подбор нормативных документов	5	14.03.20	18.03.20	Студ.-рук.
3.3	Изучение экспериментальной методики	5	21.03.20	25.03.20	Студент
4.1	Измерение спектрально-кинетических характеристик композитов	15	28.03.20	15.04.20	Студ.-рук.
4.2	Исследование спектральных характеристик системы «синий светодиод/люминофор»	5	18.04.20	22.04.20	Студ.-рук.
5.1	Анализ результатов	5	25.04.20	29.04.20	Студ.-рук.
5.2	Заключение	3	4.05.20	6.05.20	Студент
<i>Итого:</i>		67			



4.3.4 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. График приведен в таблице 3.13, с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 4.13 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

Код работы	Вид работ	Исполнители	Т _к , ч.	Продолжительность выполнения работ					
				Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май.	Июн.

(из ИСР)																			Б
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Постановка целей, задач	Р, С	2																
2	Описание требований	Р	3																
3	Подбор и изучения материалов	С	20																
4	Анализ материалов	Р	2																
5	Изучение литературы	С	40																
6	Проектирование модуля по сбору данных	С	20																
7	Разработка макета	С	9																
8	Написание программ	С	10																
9	Проведение эксперимента	С	14																
10	Анализ полученных результатов	С	5																
11	Оформление	С	5																
12	Подведение итогов	С, Р	20																
13	Проверка работы	Р	5																

 – Руководитель(Р);  – Студент (С)

4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (4.1)$$

где: m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 4.14 – Материальные затраты

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
ПММА:CdS	1	200	200
ПММА:CdS:Eu	1	250	250
ПММА:CdS:Tb	1	250	250
ПММА:CdS:Eu:Tb	1	250	250
Всего за материалы			950
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			225
Итого по статье $C_{\text{м}}$			1175

4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. В данной работе используется оборудование,

приобретенное ранее. Амортизационные отчисления за период использования оборудования рассчитываются по формуле:

$$C_A = \Phi_n \cdot H_A \cdot T_{об} / F_{\partial}, \quad (4.2)$$

где Φ_n стоимость оборудования, руб.

H_A - норма амортизации, %.

$T_{об}$ - продолжительность использования оборудования за время проведения НИР, $T_{об}=20 \cdot 8=160$ ч.;

F_{∂} - годовой действительный фонд рабочего времени.

Расчет затрат на оборудование для научных работ сведен в таблицу 4.15.

Таблица 4.15. Расчет затрат на спецоборудование для научных работ

№	Наименование оборудования	Φ_n , руб.
1	Фотоэлектронный умножитель ФЭУ-84	15000
2	Спектрофотометр СФ 256-УВИ	20000
3	Carry Eclipse Fluorescence	18000
4	Остальная аппаратура	10000
Итого		63000

В смете затрат оборудование учитывается по амортизации.

Средневзвешенная норма амортизации составляет 20%, тогда величина амортизации равна

$$A = \frac{63000 \cdot 0,2}{365} \cdot 30 = 1035 \text{ руб.}$$

4.4.3 Основная заработная плата

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 3.16);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 4.16 Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	82
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	45	52
- невыходы по болезни	—	—
Действительный годовой фонд рабочего времени	254	217

Для руководителя:

$$З_{\text{дн}} = \frac{35100 * 10,4}{254} = 1437,98 \text{ рублей}$$

Для дипломника:

$$З_{\text{дн}} = \frac{12130 * 10,4}{254} = 496,66 \text{ рублей}$$

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда); $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 4.17 Расчет основной заработной платы.

Исполнители	$З_{\text{б}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	35120	0,3	0,2	1,3	68484	1538,0	30	46140
Дипломник	12130	-	-	1,3	15769	496,7	60	29802
Итого:								75942

4.4.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * З_{\text{осн}} \quad (4.6)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты ($k_{\text{доп}} = 0,1$);

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Для руководителя:

$$З_{\text{доп}} = 75942 \cdot 0,1 = 7594,2 \text{ рублей}$$

В таблице 4.18 приведен расчёт основной и дополнительной заработной платы

Таблица 4.18 – Заработная плата исполнителей ВКР, руб

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	46140	29802
Дополнительная зарплата	7594,2	–
Зарплата исполнителя	53734,2	29802
Итого	83536,2	

4.4.5 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$С_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (46140 + 7594,2) = 16120,3 \text{ руб.} \quad (4.7)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

4.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы составляют 60 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$С_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (4.8)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов, который равен 20% (0.2).

$$С_{\text{накл}} = 0,2 \cdot (46140 + 7594,2) = 10746,8 \text{ руб.}$$

4.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при

формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 4.19 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	1175
2. Затраты на спецоборудование (амортизация)	1035
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	75942
4. Затраты по дополнительной плате	7594,2
5. Отчисление на специальные нужды	16120,3
6. Накладные расходы	10746,8
7. Бюджет затрат НТИ	112613,3

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

В результате было получено, что бюджет затрат НТИ составит 112613,3 руб. При этом затраты у конкурентов составляют 136971 рублей, из чего можно сделать вывод что полученный продукт будет экономичней, чем у конкурентов.

Аналоговые данные были взяты у компании «световые технологии»[1].

4.5 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры можно использовать табл. 4.20.

Таблица 4.20 – Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

В данном случае выбор лежит к проектной структуре проекта из-за особенностей разработки. Составляющая проекта является модульные системы, работающие в постоянном взаимодействии с другими модулями. Также основной причиной выбора проектной структуры является т о , что технология проекта является новой, и имеются ограниченные сроки реализации.

4.6 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. Пример плана управления коммуникациями приведен в табл. 4.21.

Таблица 4.21 – Пример плана управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально (первая декада квартала)

2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Участникам проекта	Еженедельно (пятница)
3.	Документы и информация по проекту	Ответственное лицо по направлению	Руководителю проекта	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану управления

4.7 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информацию по данному разделу необходимо свести в таблицу (табл. 4.22).

Таблица 4.22– Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска *	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Потеря актуальности темы	Появление новых идей	2	5	средний	Применение в нанотехнологии	Ежегодно появление новых наноматериалов
2	Маленькие образцы	Увеличение толщины образца позволяет получить хорошие данные	4	5	высокий	Увеличение толщины образцов	С течением времени создание новых образцов
3	Недостоверность полученных результатов	Низкая точность выводов из эксперимента	2	4	средний	Тщательное проведение экспериментальных работ	Неправильное использование используемого оборудования
4	Невыполнение исследований в срок	Наказание за невыполнение контрактных	2	1	низкий	Привлечение дополнительных рабочих сил	Систематические остановки экспериментальных исследований

		БХ обязательс ТВ					
--	--	------------------------	--	--	--	--	--

4.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (4.9)$$

где I_{Φ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее

численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i^a \quad (4.10)$$

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i^p \quad (4.11)$$

где I_m^a – интегральный показатель ресурсоэффективности для аналога;

I_m^p – интегральный показатель ресурсоэффективности разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b_i^a – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, пример которой приведен ниже.

Таблица 4.23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

К	ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1.	Способствует росту производительности труда пользователя	0,25	4	3	3
2.	Удобство в эксплуатации	0,3	4	3	5
3.	Энергосбережение	0,15	3	4	2
4.	Надежность	0,2	5	4	3

5. Материалоемкость	0,1	5	4	4
ИТОГО	1	21	18	17

$$I_m^p = 0.25 \cdot 4 + 0.3 \cdot 4 + 0.15 \cdot 3 + 0.2 \cdot 5 + 0.1 \cdot 5 = 4.15$$

$$I_1^a = 0.25 \cdot 3 + 0.3 \cdot 3 + 0.15 \cdot 4 + 0.2 \cdot 4 + 0.1 \cdot 4 = 3.45$$

$$I_2^a = 0.25 \cdot 3 + 0.3 \cdot 5 + 0.15 \cdot 2 + 0.2 \cdot 3 + 0.1 \cdot 4 = 3.55$$

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{\text{финр}}^p$ и аналога $I_{\text{финр}}^a$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}; I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a} \quad (4.12)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} \quad (4.13)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта; $I_{m\pi}^p$ – интегральный показатель разработки; $I_{m\pi}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{4,15}{0.91} = 4.56$$

$$I_{\text{финр}}^{a1} = \frac{3,45}{1} = 3.45$$

$$I_{\text{финр}}^{a2} = \frac{3.55}{0.93} = 3.81$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}1} = \frac{4,56}{3,45} = 1.32$$

$$\mathcal{E}_{cp1} = \frac{4.56}{3.81} = 1,2$$

Таблица 4.24– Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0.93	0,91
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3.45	3.55	4.15
3	Интегральный показатель эффективности	3.45	3.81	4.5+6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1.32	1.2	1

Выводы

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет судить о приемлемости существующего варианта решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности

Заключение по разделу

1. Потенциальными потребителями разработки могут являться научные лаборатории, так и медицинские центры, которые занимаются наличием распознающих молекул на поверхности нанокристаллов позволяющие им реализовать адресное связывание: нужный объект (например, опухолевый) окрашивается заданным цветом. Целевым рынком являются компании, которые занимающиеся производством и продажей новых материалов.

2. Из карты сегментирования можно сделать вывод, что предложенный алгоритм по исследованию нанокompозитов с внедрением квантовых точек слабо развита. Поэтому данное направление имеет большие перспективы.

3. Благодаря SWOT-анализу, можно сделать вывод о том, что сильной стороной проекта является его простота и экономичность, что позволит уменьшить влияние угроз на реализацию проекта.

[1] Световые технологии [Электронный ресурс] URL: <https://www.ltcompany.com/ru/products/types/industrial-luminaires/more-than-12-meters/giga-led/> свободный, яз. рус. Дата обращения 28.04.2020 г.